

УДК 628.355.

П.В. Щуклин, Е.Ю. Ромахина, О.И. Ручкина

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

По результатам анализа современных методов обработки осадка, выявлены плюсы и минусы каждой из групп методов и установлены главные цели исследований, направленные на усовершенствование и разработку новых способов обработки осадков.

Ключевые слова: активный ил, сырой осадок, обезвоживание, биологические методы, флокуляция, тяжелые металлы, очистные сооружения, обеззараживание.

На загрязнение окружающей среды существенно влияют очистные сооружения городских и промышленных сточных вод. Цикл очистки включает в себя блоки: механический, биологический, обеззараживание сточных вод.

При средней производительности очистных сооружений количество избыточного активного ила по сухому веществу составляет около 0,7 т/сут [15], что требует дополнительного создания блока обработки осадка. Осадки из первичных и вторичных отстойников имеют большую (99,6 %) влажность и зольность 25–35 % [15], неоднородны по фракционному составу, заражены яйцами гельминтов и патогенными микроорганизмами, имеют способность гнить, требуют обезвреживания.

Процессы, связанные с обработкой и утилизацией осадков сточных вод, сопряжены с техническими и экологическими проблемами: большими объемами и высокой влажностью осадка, его экологической опасностью, невозможностью утилизации обезвреженного осадка без извлечения из него ионов тяжелых металлов и других вредных примесей, препятствующих его дальнейшему использованию. Важное значение при переработке осадков имеют: энергосбережение, загрязнение водных объектов, почвы и воздуха.

В общем случае схема обработки осадка включает в себя следующие стадии: 1) стабилизация: аэробная или анаэробная; 2) уплотнение; 3) дегельминтизация; 4) кондиционирование;

5) обезвоживание; 6) сушка и компостирование; 7) утилизация или другие способы переработки. Последовательность процессов может быть иной, некоторые стадии могут отсутствовать.

Цель исследований – выявление главных направлений существующих стадий блока обработки осадка. Она актуальна, так как в настоящее время не существует достаточно эффективной цепочки обработки осадка.

В настоящее время блок сооружений по переработке осадка требует внедрения новых технологий. В России с огромной площадью незанятых территорий вопрос, связанный с утилизацией осадка, решен просто. Обезвоженный осадок складировуют на площадках. Захоронение осадка является достаточно экономически выгодным способом, так как спустя некоторое время на месте захоронения образуется плодородная почва. Но такие колоссальные объемы осадка при правильной обработке можно использовать в качестве удобрения или жидкого топлива. Проведенный анализ формирования объема и состава осадков сточных вод (на примере эксплуатации очистных сооружений г. Перми) позволил установить, что при биологической очистке образуется 800–1000 м³/сут осадков сточных вод (влажность 95 %) и 100–120 м³/сут обезвоженного избыточного активного ила (влажность 85 %). В настоящее время основной способ утилизации осадков сточных вод на пермских БОС заключается в механическом обезвоживании и складировании обезвоженных осадков на иловых картах и илонакопителях. Такой метод не отвечает современным экологическим и техническим требованиям. В нашей работе мы рассмотрели как уже используемые методы утилизации осадка, так и перспективные научные разработки, которые могут быть реализованы и на пермских очистных сооружениях.

1. Центрифугация. Перспективным методом сгущения осадков сточных вод и избыточного активного ила является центрифугирование. Преимущества способа – простота, экономичность и низкая влажность сгущенного продукта. Недостаток центрифугирования заключается в уносе твердой фазы с осветленной жидкостью (фугатом), что приводит к необходимости дополнительной стадии очистки фугата.

Для обезвоживания осадков сточных вод и избыточного активного ила наиболее эффективны непрерывно действующие осадительные горизонтальные центрифуги со шнековой выгрузкой осадка, например ОГШ. Преимущество этих центрифуг –

высокая производительность при низком удельном расходе энергии и массы. Недостатки – невысокая степень сгущения осадка, быстрый износ.

2. Анаэробное сбраживание. Процесс анаэробного сбраживания активного ила может быть улучшен за счет повышения температуры (до 55 °С). Брожение ускоряется в 2 раза и более. Несколько снижается водоотдача ила и возрастает в 1,5 раза время сушки сброженного осадка. При перемешивании выход осадка увеличивается на 20 %. Повышение температуры процесса и перемешивание осадка легло в основу разработанной французской фирмой «Дегремон» [15] технологии обработки осадка метановым брожением. Пропускная способность существующих сооружений при использовании такой схемы возросла в 2 раза.

В Германии предложено устройство, состоящее из установленных внутри метантенка двух всасывающих диффузоров, насосов и внешнего кольцевого нагнетательного трубопровода, от которого во внутреннюю часть метантенка пропущены вертикальные соплообразные трубки, установленные по кругу в пристеночной части метантенка через 5–6 м. Нижний диффузор расположен в придонной части метантенка, верхний – на расстоянии 1–2 мм от поверхности осадка. Через оба диффузора осадок подается в кольцевой трубопровод, откуда через сопла сильной струей возвращается в метантенк, при этом обеспечивается сильное перемешивание осадка во всем объеме метантенка.

Устройство этого типа отличается простотой и надежностью и может применяться для реконструкции действующих метантенков. При применении многоступенчатых схем (2–7 ступеней) содержание влаги в осадке после брожения при температуре 30–33 °С снижается. Площадь, потребная для его сушки, сокращается на 12–18 %. Отмывка ила между первой и второй ступенями сбраживания улучшает его седиментационные свойства, увеличивает выход газа. Оптимизация процесса наблюдается за счет его стабилизации при постоянной подаче свежего осадка и удалении сброженного [16]. По данным английских исследователей, процесс холодного сбраживания интенсифицируется за счет смешения предварительно мезофильно сброженного осадка в соотношении от 0,2–1 до 1,5–1, при этом время обработки осадка снижается с 12 месяцев до 3 [17].

Разработана конструкция метантенка, исключаяющая необходимость использования оборудования для перемешивания

осадка: метантенк с колеблющимся уровнем осадка, разделенный вертикальной стенкой на две сообщающиеся емкости, в одну из которых газодувкой нагнетается газ из газгольдера. По достижении достаточного перепада давления и уровня осадка между емкостями давление быстро сбрасывается с помощью клапана, что вызывает быстрый переток осадка. После совпадения уровней осадка в обеих емкостях снова включается газодувка.

В Японии давно разработана другая форма метантенков и септиктенков, время пребывания осадка в которых снижено в 2,5 раза. Эти метантенки для совместной обработки осадка производственных сточных вод получили широкое распространение. Установлено, что в них обеспечивается более эффективное перемешивание с меньшими затратами энергии, чем в метантенках традиционной формы [17].

3. Термическая обработка. Стерилизация осадка перед сбраживанием в течение 15–20 мин при 100–120 °С снижает время его обработки на 30 %.

Пастеризация осадка в течение нескольких часов при температуре 85–95 °С увеличивает скорость процесса обработки на 14,8 %.

4. Ультразвуковая обработка. Обработка осадка ультразвуком обеспечивает диспергирование поверхности осадка и его равномерное распределение в реакторе.

5. Аэробная стабилизация. Аэробная стабилизация активного ила может быть ускорена тем, что его уплотняют до концентрации 10–15 г/л по сухому веществу, затем нагревают до температуры 50–55 °С в течение 2–2,5 ч при сохранении аэробных условий аэрирования. Затем активный ил подвергается аэробной стабилизации до достижения удельного сопротивления фильтра, равного $10\text{--}40 \cdot 10^{10}$ см/г. По сравнению с обычной стабилизацией при аэробной стабилизации время обработки сокращается с 4 сут до 6–7 ч.

Аэрация или насыщение кислородом осадка перед его уплотнением улучшает его седиментационные и водоотдающие свойства. В Германии сброженные осадки перед уплотнением насыщают кислородом путем аэрации, смешения с окислителями или химической обработкой. В качестве химических окислителей используются перекисные или перманганатные растворы.

Утилизация сырого осадка часто связана с использованием их в сельском хозяйстве в качестве удобрения, что обусловлено

достаточно большим содержанием в них биогенных элементов. Активный ил особенно богат азотом и фосфорным ангидридом, такими как медь, молибден, цинк.

В качестве удобрения можно использовать те осадки сточных вод и избыточный активный ил, которые предварительно были подвергнуты обработке, гарантирующей последующую их незагниваемость, а также гибель патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов.

Наряду с достоинствами получаемого на основе осадков сточных вод и активного ила удобрения следует учитывать и возможные отрицательные последствия его применения, связанные с наличием в них вредных для растений веществ, в частности ядов, химикатов, солей тяжелых металлов и т.п. В этих случаях необходимы строгий контроль содержания вредных веществ в готовом продукте и определение годности использования его в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур. В настоящее время известно достаточно много эффективных и достаточно простых в аппаратурном оформлении способов извлечения этих примесей из сточных вод.

Важное значение имеют методы утилизации активного ила, связанные с использованием его в качестве флокулянта для сгущения суспензий, получения из активного угля адсорбента, в качестве сырья для получения стройматериалов и т.д. Проведенные токсикологические исследования показали возможность переработки сырых осадков и избыточного активного ила в цементном производстве.

Ежегодный прирост биомассы активного ила составляет несколько миллионов тонн. В связи с этим возникает необходимость в разработке таких способов утилизации, которые расширяют спектр применения активного ила. Существенно снизить количество активных отходов позволяет использование их в сельском хозяйстве, но этот способ имеет ограниченное применение, так как они содержат большое количество разнообразных токсичных примесей.

В табл. 1 приведена классификация современных способов переработки осадка сточных вод, применяемых в мировой практике. Основные классификационные признаки определены по процессам, протекающим при обработке осадка. В таблице также указаны достоинства и недостатки различных способов. Применяемость методов зависит от состава осадков, экономических требований, от конкретных условий – профиля предприятия, его технических возможностей и т.д.

Таблица 1

Классификация методов обработки осадка сточных вод

Патент	Метод	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
<i>Г. Флокуляция</i>				
[1]	Флокуляция	Осадок обрабатывают флокулянтами – продуктом полимеризации 1,2-диметил-5-винилпиридинийметилсульфата, полученного в присутствии β-оксипропилтретбутил пероксида или в присутствии последнего и аминометил масляной кислоты в виде смеси D, L-изомеров	Повышает эффективность задержания сухого вещества	Дороговизна метода, большие производственные площадки для смеси флокулянта с илами, сложный способ получения флокулянта
<i>II. Биологические методы</i>				
[2]	Анаэробная переработка органических отходов	Орг. отходы перерабатывают посредством 2-стадийного кислотного и щелочного анаэробного сбраживания с образованием биогаза при барботаже газом отходов на щелочной стадии сбраживания, барботаж производят извлеченным из биогаза углекислым газом, при $t=27...60\text{ }^{\circ}\text{C}$, отходы барботируют на кислотной стадии сбраживания	Повышение утилизации углекислого газа, выхода метана и производительности процесса переработки	Общая сложность установки, высокая стоимость метода, трудность эксплуатации системы для барботажа
[3]	Резервуары-метантенки, способ анаэробного сбраживания биомассы	Биомасса подается в резервуар, подогревается выполненным в днище резервуара нагревательным элементом в виде электропроводного бетона с электроизоляционным слоем. Перемешивание биомассы осуществляют путем создания термосифонного эффекта за счет выполнения внутренней цилиндрической камеры с раструбом над нагревательным элементом	Упрощает конструкцию метантенки, снижает энергозатраты при процессе сбраживания	Минусы анаэробного брожения в метантенках и большие затраты энергии на подогревание биомассы в метантенке

Продолжение табл. 1

Патент	Метод	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
[4]	Биоокисление и обезвреживание избыточного ила	Обезвреживание АИ ведется в реакторе сначала в анаэробных, а затем в аэробных условиях на загрузке из комовой серы в присутствии сульфатвосстанавливающих и тионовых бактерий в кол-ве 10^5 и 10^2 на г биомассы при нагрузке АИ 30–60 г/кг серы	Повышает эффективность процесса обезвреживания за счет увеличения степени минерализации АИ (на 55–69 %)	Трудность содержания реагентного хозяйства и сложность разведения бактерий
[5]	Биотехнология	Обработка ила микрогрибами, непрерывно культивируемыми в параллельном резервуаре (грибы выбирают из рода <i>Penicillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Mucor</i> , <i>Galactomyces</i> , <i>Botrytis</i> и др.)	Снижает объем ила, в частности разлагает большую часть органических веществ в иле, также позволяет регулировать уровень такого разложения для оптимизации степени очистки СВ	Экономическая невыгодность: содержания помещения для культивирования грибов, отсутствие доходов от переработки ила, метод не обеспечивает снижение тяжелых металлов в осадке
<i>III. Способы усовершенствования обезвоживания</i>				
[6]	Утилизация экологически опасных осадков смеси гидроксидов и/или гидроксокарбонатов тяжелых металлов, путем использования их в качестве сырьевых добавок в производстве бетонных изделий	К рассчитанным количествам природных известняка и глины добавляют 5–35 мас.% осадка СВ взамен рассчитанного кол-ва глины с эквивалентным суммарным содержанием алюминия, железа и хрома, компоненты перемешивают и обжигают при 1450–1500 °С до остаточного содержания несвязанного оксида Са не более 0,5 мас.%, а полученный продукт обжига охлаждают и измельчают, после чего используют для получения бетона	Снижает экологическую опасность бетонных изделий, изготовленных на основе осадков СВ, за счет повышения химической стойкости этих изделий к вымыванию токсичных ионов тяжелых металлов природными водами	Обжигание при высокой температуре, что приводит к высокому расходу энергии

Продолжение табл. 1

Патент	Метод	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
[7]	Утилизация органических отходов путем их газификации с последующим каталитическим превращением полученного синтез-газа в жидкие моторные топлива и/или ценные химические продукты	Стадия газификации: обработка отходов газифицирующим агентом в присутствии горючего газа с получением синтез-газа и твердых неорганических продуктов. Каталитическая переработка синтез-газа. Полученный после газификации синтез-газ компримируют, подвергают глубокой очистке от механических примесей и соединений S, N, тяжелых металлов. Синтез-газ вместе с жидкими органическими отходами подают в реактор синтеза углеводородов и подвергают превращению на бифункциональном катализаторе, содержащем оксиды Zn и Cr или Zn, Cr и Cu, или Fe, или Co и рутения в комбинации с кислотным компонентом-цеолитом типа ZSM-5, Beta, морденит	Повышает качество получаемого синтез-газа путем увеличения содержания Н и снижение содержания углекислого газа, необходимое для увеличения выхода товарных продуктов на последующей каталитической стадии синтеза углеводородов	Осложняется тем, что у илов очень высокая влажность
[8]	Сгущение осадков до $P=85...90\%$ и тепловая обработка суспензии	Тепловую обработку проводят при $P=3,5...4$ МПа и $t=240...250$ °С в течение 1–2 мин. В реакционную массу добавляют серную кислоту (р-р) до достижения ее $C=0,5...0,6\%$ в реакторе. Затем обработка щелочью до $pH>10$ и барботирование кислородсодержащим газом при $t=150...220$ °С в течение 60–90 мин при P не менее 2 МПа. Полученный органико-минеральный комплекс разделяют на жидкую фазу, которая представляет р-р гуминовых веществ, и нерастворимый твердый осадок	Уменьшение кол-ва неокисленного осадка после операции окисления и разложения флокулянта, упрощение процесса фазового разделения	Сложность осуществления процесса, в результате получается осадок в виде твердой фазы, который надо утилизировать; продукт на выходе нужно подвергать нейтрализации для уменьшения pH среды

Продолжение табл. 1

Патент	Метод	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
[9]	Превращение АИ и осадков в жидкое топливо без предварительной сушки и сжигание его в типовых котельных агрегатах	Осадок, нагретый до $t = 80...90$ °С, перемешивают с нагретым нефтяным мазутом или гудроном по величине критерия Рейнольдса более 100 в течение 15–35 мин	Получаемая эмульсия-суспензия используется в качестве жидкого котельного топлива	При сжигании могут образовываться ядовитые пары и, следовательно, требуется дополнительная газоочистка, что весьма затратно
<i>IV. Усовершенствование способов обработки осадка</i>				
[10]	Способ круглогодичного обезвоживания осадков муниципальных сточных вод на иловых площадках	Способ включает в себя гравитационное уплотнение осадка, его послойное замораживание, оттаивание, отвод талой воды и подсушка осадка в естественных условиях. Все стадии обезвоживания осадка осуществляют в одной иловой площадке, в которую подают сфлуккулированный осадок. При обезвоживании предлагаемым способом подача осадка на площадку производится по мере его накопления при непрерывном отводе иловой воды	Способ обеспечивает повышение эффективности использования иловой площадки в результате интенсификации процесса обезвоживания осадка, в том числе в зимних условиях	Большая занимаемая площадь, санитарная опасность
[11]	Полигон переработки илового осадка сточных вод	Сущность изобретения заключается в том, что полигон содержит последовательно установленные иловый уплотнитель, земснаряд, промежуточный накопитель, систему дозирования реагентов и систему обезвоживания осадка в геотрубах, причем выход системы обезвоживания по фильтрату подключен к иловому накопителю и к промежуточному накопителю, а также посредством системы водоподготовки к системе дозирования реагентов	Способ упрощает процесс переработки илового осадка с одновременным уплотнением технологической цепочки переработки илового осадка	Такая технологическая цепочка сложна в обращении и является дорогостоящей

Продолжение табл. 1

Патент	Метод	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
<i>V. Использование осадка сточных вод в агропромышленном комплексе</i>				
[12]	Способ переработки избыточного активного ила, содержащего тяжелые металлы	В активный ил или стабилизированный осадок вводят 10–25 кг/м ³ кальцийсодержащего материала и перемешивают с помощью аэрации в течение 1–4 ч. После этого фазы разделяют методом отстаивания и выделяют тяжелые металлы из водной фазы. Кальцийсодержащий материал подают порциями в течение 30 мин в начале аэрации. После аэрации смесь подвергают обработке ультрафиолетовым излучением в течение 10–60 с	Способ сокращает затраты реагентов, обеспечивает условия для последующей утилизации осадков в сельском хозяйстве в качестве удобрения	Трудность подачи воздуха в иловую смесь для аэрации, высокая стоимость УФ обработки, сложно отделить металлы от ила
[13]	Установка для ликвидации и утилизации ила из отстойников городов и промышленных предприятий	Установка объединяет две группы узлов оборудования, обеспечивающих двухступенчатую переработку ила. Первая ступень: узел разжижения ила, установка активации процесса, обеспечивающая переход вредных веществ в раствор, узел отделения и сбора пульпы, содержащей органические вещества и песок, и блок оборудования для получения гранулированных органо-минеральных удобрений. Вторая ступень: вторая установка активации процессов, в которой под действием добавок происходит выпадение в осадок твердой фазы, и узел отделения и сбора осадка, содержащего соединения металлов	Изобретение позволяет надежно нейтрализовать и утилизировать илы городских отстойников, промышленных предприятий и промышленных отвалов с одновременным получением из городских илов гранул органо-минеральных удобрений и концентратов соединений металлов из всех отстойников и отвалов	Выпавший осадок, содержащий тяжелые металлы, нужно утилизировать

Окончание табл. 1

Патент	Метод	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
[14]	Способ получения кормового продукта из илистых осадков очистных сооружений.	Способ включает в себя использование активного ила в качестве основного компонента кормового продукта, в который вносят дополнительные компоненты и перемешивают. Активный ил подвергают сепарированию или естественной ферментации в течение 0,5–6 мес., после внесения дополнительных компонентов и перемешивания смеси, гомогенизируют или измельчают, добавляя морскую воду или солевой раствор в соотношении сухая смесь/ морская вода или солевой раствор 1/2–3 и подвергают термообработке при $t = 98-105$ °C не менее 30 мин, при этом дополнительные компоненты выбраны из группы: рыбная мука, водорослевая мука и кормовые дрожжи, который добавляют в активный ил при соотношении, мас. %: активный ил – 50–70, дополнительные компоненты – 50–30	Кормление разработанным кормом терпанга позволяет более чем в 3 раза увеличить прирост непигментированной молоди терпанга и более чем в 2 раза – пигментированной	Длительность переработки ила, а также возможность остатка в илах тяжелых металлов, что делает его вредным для живых организмов

В табл. 2 представлены результаты анализа литературных источников, позволяющие систематизировать области применения методов в зависимости от поставленных целей.

Таблица 2

Результаты анализа направлений обработки осадков сточных вод

Цель	Патент	Метод
1. Уменьшение нагрузки на метантенки и упрощение конструкции оборудования	[2]	Анаэробная переработка органических отходов
	[3]	Резервуары-метантенки, способ анаэробного сбраживания биомассы
	[11]	Полигон переработки илового осадка сточных вод

Окончание табл. 2

Цель	Патент	Метод
2. Использование переработанного осадка в какой-либо отрасли производства	[14]	Способ получения кормового продукта из илистых осадков очистных сооружений.
	[13]	Установка для ликвидации и утилизации ила из отстойников городов и промышленных предприятий с получением органо-минеральных удобрений.
	[12]	Способ переработки избыточного активного ила, содержащего тяжелые металлы, применяется в с/х в качестве удобрения.
	[6]	Утилизация экологически опасных осадков смеси гидроксидов и/или гидрокарбонатов тяжелых металлов путем использования их в качестве сырьевых добавок в производстве бетонных изделий.
	[5]	Биотехнология, обработка грибами из рода <i>Penicillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Mucor</i> , <i>Galactomyces</i> , <i>Botrytis</i> и др.
	[9]	Превращение АИ и осадков в жидкое топливо без предварительной сушки и сжигание его в типовых котельных агрегатах.
	[7]	Утилизация органических отходов путем их газификации с последующим каталитическим превращением полученного синтез-газа в жидкие моторные топлива и/или ценные химические продукты
3. Повышение эффективности процесса обезвоживания	[10]	Способ круглогодичного обезвоживания осадков муниципальных сточных вод на иловых площадках
4. Повышение утилизации углекислого газа и метана	[2]	Анаэробная переработка органических отходов.
	[7]	Утилизация органических отходов путем их газификации с последующим каталитическим превращением полученного синтез-газа в жидкие моторные топлива и/или ценные химические продукты

В результате исследований установлено, что разработка современных методов обработки осадков городских сточных вод направлена на достижение следующих целей:

- уменьшение нагрузки на метантенки и упрощение конструкции сооружений;
 - повторное использование переработанного осадка;
 - увеличение эффективности процесса обезвоживания осадка;
 - увеличение степени утилизации углекислого газа и метана.
- Основные способы достижения целей:

1) использование методов, связанных с флокуляцией; обеспечивает значительное улучшение степени задержания сухого вещества и упрощает процесс переработки осадка;

2) использование биологических методов; позволяет не только улучшить процесс переработки илового осадка, но и вырабатывать дополнительную энергию;

3) усовершенствование обезвоживания; позволяет использовать осадок в качестве горючего материала или в качестве добавки для бетонных смесей;

4) усовершенствование стадий переработки осадка; значительно снижает стоимость процесса;

5) добавление специальных реагентов, минимизирующих количество тяжелых металлов в иловом осадке; позволяет использовать ил как удобрение или кормовой продукт для скота.

Выполненная систематизация направлений обработки осадков сточных вод в зависимости от достигаемых целей может являться основой для выбора конкретного способа обработки осадка. Но применяемость методов обработки осадка зависит также от таких факторов, как реалистичность практического применения, экономические возможности региона, климатические условия, количество образующихся/накопленных осадков, ущерб окружающей среде, затраты на утилизацию, производительность, надежность, универсальность, возможность реализации конечной продукции, ее экономическая безопасность. Поэтому критерии выбора способа обработки осадков не ограничиваются рассмотренными выше показателями. Выбор метода должен основываться на комплексном критерии, включающем в себя интегральную оценку рассмотренных показателей.

Библиографический список

1. Пат. 2060976 С1 РФ, МПК⁶ С02F11/14, С02F1/56. Способ обработки осадков сточных вод и активного ила / Родин В.А., Орлянский В.В. [и др.]; патентообладатель: ТОО Научно-внедренческая фирма «Эко-тон»; заявл. 3.09.1993; опубл. 27.05.1996.
2. Пат. 2014313 С1 РФ, МПК⁵ С05F3/00, С02F11/04. Способ переработки органических отходов / Ермолов Н.А.; патентообладатель: Ермолов Н.А.; заявл. 10.12.1991; опубл. 15.06.1994.
3. Пат. 2185342 С1 РФ, МПК⁷ С02F11/00, С02F11/04. Способ анаэробного сбраживания биомассы / Овцов Л.П., Юн А.Б., Яковлева А.Л.; патентообладатель: Гос. унитарное предприятие НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс»; заявл. 30.10.2000; опубл. 20.07.2002.
4. Пат. 2336232 С2 РФ, МПК С02F3/02, С02F11/02. Способ биологической очистки сточных вод и утилизации илового осадка / Степкин А.А., Степкина Ю.А.; патентообладатели: Степкин А.А., Степкина Ю.А.; заявл. 22.05.2006; опубл. 20.10.2008.
5. Пат. 2303572 С2 РФ, МПК С02F3/34, С02F11/02, С02F1/72. Способ обработки ила в очистном сооружении мицеллярными способами / Флери Сильви (FR); патентообладатель: СОСЬЕТЕ Д'АМЕНАЖЕМЕН ЮРБЭН Э РЮРАЛЬ (FR); заявл. 14.05.2002; опубл. 27.07.2007.
6. Пат. 2125542 С1 РФ, МПК⁶ С02F11/00, С04В28/00. Способ утилизации осадков сточных вод, содержащих смеси гидроксидов и/или гидроксокарбонатов тяжелых металлов / Дыханов Н.Н., Байзульдин Б.М., Собеневская Л.Н.; патентообладатели: Дыханов Н.Н., Байзульдин Б.М., Собеневская Л.Н.; заявл. 03.04.1996; опубл. 27.01.1999.
7. Пат. 2217199 С1 РФ, МПК⁷ А62D3/00, С02F11/00. Способ переработки органических отходов / Мысов В.М., Ионе К.Г.; патентообладатель: НИЦ «Цеосит» объединенного института катализа СО РАН; заявл. 29.03.2002; опубл. 27.11.2003.
8. Пат. 2205158 С1 РФ, МПК⁷ С02F11/00, С02F11/18. Способ получения гуминовых веществ из иловых осадков бытовых и/или промышленных сточных вод / Шипов В.П., Трофимов В.А [и др.]; патентообладатель: ООО «Нобель»; заявл. 09.01.2002; опубл. 27.05.2003.
9. Пат. № 2104970 С1 РФ, МПК⁶ С02F11/10, С02F11/18. Способ переработки осадков сточных вод с получением жидкого топлива / Апостолов С.А., Потапов А.И.; патентообладатели: Апостолов С.А., Потапов А.И.; заявл. 27.05.1996; опубл. 20.02.1998.
10. Пат. 2393122 С1 РФ, МПК С02F11/14, С02F11/20, С02F1/56 В01D21/01. Способ круглогодичного обезвоживания осадков муниципальных сточных вод на иловых площадках / Иванов Н.А, Иванов А.Н.; патентообладатели: Иванов Н.А., Иванов А.Н.; заявл. 25.11.2008; опубл. 27.06.2010.

11. Пат. 2395465 С2 РФ, МПК С02F11/00. Полигон переработки илового осадка сточных вод / Кармазинов Ф.В., Лобанов Ф.И. [и др.]; патентообладатель: Лобанов Ф.И.; заявл. 29.09.2008; опубл. 27.07.2010.
12. Пат. 2220923 С1 РФ, МПК⁷ С02F11/14, С02F101:20, С02F103:16. Способ переработки избыточного активного ила, содержащего тяжелые металлы / Зыкова И.В., Панов В.П. [и др.]; патентообладатель: С.-Петерб. гос. ун-т технологии и дизайна; заявл. 05.04.2002; опубл. 10.01.2004.
13. Пат. 2163573 С1 РФ, МПК⁷ С02F11/00. Установка для ликвидации и утилизации ила из отстойников городов и промышленных предприятий с получением органо-минеральных удобрений / Вершинин Н.П., Вершинин И.Н. [и др.]; патентообладатели: Вершинин Н.П., Вершинин И.Н. [и др.]; заявл. 19.07.2000; опубл. 27.02.2001.
14. Пат. 2343712 С2 РФ, МПК А23К1/00, С02F11/00. Способ получения кормового продукта из илистых осадков очистных сооружений / Воропаев В.Н., Гришин А.С., Блинов Ю.Г.; патентообладатели: Воропаев В.Н., Гришин А.С., Блинов Ю.Г.; заявл. 09.03.2007; опубл. 20.01.2009.
15. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
16. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Ю.В. Воронов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990.
17. Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра АМН. – 2003. – № 7.

Получено 17.09.2012

P. Schuklin, E. Romahina, O. Ruchkinova

ANALYSIS OF THE MAIN AREAS OF SLUDGE TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER

According to the analysis of modern methods of sludge treatment, identified the pros and cons of each group of methods and set the main goals of research aimed at improving and developing new ways of processing precipitation.

Keywords: activated sludge, raw sludge dewatering, biological methods, flocculation, heavy metals, sewage treatment, decontamination.

Щуклин Павел Вячеславович (Пермь, Россия) – студент группы ВВ-08-2, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: kp0jiuk_pasha@mail.ru).

Ромахина Елена Юрьевна (Пермь, Россия) – студент группы ВВ-08-1, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lenisya_rom@mail.ru).

Ручкинова Ольга Ивановна (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: xgogax@mail.ru).

Schuklin Pavel (Perm, Russia) – Student Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomol av., 29, e-mail: kp0jiuk_pasha@mail.ru).

Romahina Elena (Perm, Russia) – Student Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomol av., 29, e-mail: lenisya_rom@mail.ru).

Ruchkinova Olga (Perm, Russia) – Doctor of technical Sciences, Professor of Department of Environmental Protection Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomol av., 29, e-mail: xgogax@mail.ru).